

特許3291161

(2)

3

る構成とした請求項1に記載の圧力式流量制御装置。

【請求項4】 コントロール弁(2)の弁本体(12)に圧力検出器(3)の取付孔(12d)及びオリフィス(5)の取付孔(12f)を夫々設け、コントロール弁(2)の弁本体(12)をブロック化して成る請求項1に記載の圧力式流量制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は気体等の流量制御装置の改良に関するものであり、主として半導体製造設備や化

10 学品製造設備等に於いて利用されるものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体製造設備等のガス流量制御装置としては、従前から所謂マスフローコントローラーが多く利用されている。

【0003】 しかし、このマスフローコントローラーには①熱式流量センサの場合は、応答速度が比較的遅いこと、②低流量域に於ける制御精度が悪いこと、製品毎に精度のバラツキがあること、③作動上トラブルが多くて安定性に欠けること、④製品価格が高いこと、交換用部品も高価であってランニングコストが高くつくこと等の様々な不都合が存在する。

【0004】 一方、上述の如きマスフローコントローラーの問題点を避けるものとして、図12に示す如き構成の差圧式流量制御装置が多く用いられている。

【0005】 即ち、当該差圧式流量制御装置は、オリフィス30の上・下流側の流体差圧 ΔP を圧力検出器31、32の検出値から求め、検出流量 $Q_c = K_f \Delta P$ 及び検出流量 Q_c と設定流量 Q_s との差 $Q_y = Q_c - Q_s$ をCPUで演算すると共に、前記流量差 Q_y を制御信号として流量制御弁33へ出力し、前記流量偏差 Q_y を零にする方向に流量制御弁33を開・閉制御するものである。

【0006】 しかし、当該差圧式流量制御装置には、①検出流量 Q_c のレンジ範囲が圧力検出器31、32のレンジ範囲の1/2未となるため、検出流量 Q_c の検出精度が低下すること、②流量測定精度を高めるためには、オリフィス上・下流側に比較的長い直管路を設けて流体の流れを層流にする必要があり、必然的に装置が大型化すること、③圧力検出器を2基必要とするため、製造コストの引下げを計り難いこと等の問題が残されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 本願発明は、前記マスフローコントローラーや差圧式流量制御装置に於ける上述の如き問題、即ち①装置としての総合的な検出精度が低いこと、及び②装置の小型化や製造コストの低減が図

4

10 製造できるようにした圧力式流量制御装置を提供するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 而して、ノズルを通る気体流の特徴の一つとして、ノズル前後の気体の圧力比 P_1 / P_2 が気体の臨界圧力比（空気や窒素等の場合は約0.5）以下になると、ノズルを通る気体の流速が音速となってノズル下流側の圧力変動が上流側に伝播しないため、ノズル上流側の状態に相応した安定した質量流量を得ることができると云う事象がある。

【0009】 但し、ノズルの場合には、気体のもつ粘性のためにノズル断面積と音速の積が直接に実際の気体流量を表すことにはならず、気体の質量流量を行うにはノズルの形態によって定まる流出係数を求めるなければならないことは勿論である。

【0010】 そのため、本願発明者等は、各種のノズル形態と流体（ガス）について、その流出係数を求める試験を繰り返し行って来たが、その試験過程に於いて、前記気体の圧力比 P_1 / P_2 が気体の臨界圧力比以下の場合は下流側の圧力変動が上流側に伝播しないと云う特性に着目し、気体流通路をノズルに代えて微小オリフィスとした場合のオリフィス形態と気体流量及びオリフィス上流側の気体圧力 P_1 と気体流量の関係について、各種の測定試験を行った。その結果、気体圧力比 P_1 / P_2 が気体の臨界圧力比以下である場合には、板状の微小オリフィスを流通する気体流量は、微小オリフィスの径が一定の場合には気体の種類に拘わらず、オリフィス上流側の気体圧力 P_1 に正比例して変化することを見出した。

【0011】 即ち、微小オリフィスを流通する気体流量 Q_c はオリフィス上流側の圧力 P_1 に正比例することになり、オリフィス上流側圧力 P_1 を自動制御することにより、オリフィスを流通する流量のフィードバック制御を行なうことができる。

【0012】 また、オリフィスを流通する気体流量は、オリフィス上流側の流速分布やオリフィス下流側の圧力変動の影響を受けないため、オリフィス上流側に直管路を必要とせず、装置の大幅な小形化が計れると共に、圧力検出器も1基でよく、流量制御装置の製造コストの引下げが可能となる。

【0013】 更に、流量と圧力の関係が一次関数となるため、圧力検出器のレンジと流量のレンジとが同一となり、従前の差圧式流量形の場合に比較して測定精度が著しく向上することになる。

【0014】 ところで、従来から、ディスクタッチ型の流量制御弁等の製作に於いても、気体圧力比 P_1 / P_2 、

特許3291161

(3)

5

【0015】しかし、当該流置制御弁に於ける実際の気体流量Qは、 $Q_c = KSP_1$ で演算した流置の±20%位の値となり、前記 $Q_c = KSP_1$ の関係を気体流置の精密な測定に応用することは困難な状態にある。

【0016】本願発明は、上述の如き本願発明者等の知見に基づいて創作されたものであり、オリフィスの上流側圧力 P_1 を下流側圧力 P_2 の約2倍以上に保持した状態で流体の流量制御を行なう圧力式流量制御装置に於いて、金属薄板に微小な孔を穿設して形成され、上流側と下流側の気体の圧力比が前記約2倍以上で且つ前記孔の径が一定の場合には、気体の種類に拘わらず前記孔を通過する気体の流量が上流側圧力 P_1 に正比例する流置特性を具備したオリフィス5と、オリフィス5の上流側に設けたコントロール弁2と、コントロール弁2とオリフィス5間に設けた圧力検出器3と、圧力検出器3の検出圧力 P_1 から流量 Q_c を $Q_c = KP_1$ （但しKは定数）として演算すると共に、流置指令信号 Q_s と前記演算した流置信号 Q_c との差を制御信号 Q_y として前記コントロール弁2の駆動部14へ出力する演算制御装置6とから構成され、コントロール弁2の開閉によりオリフィス上流側圧力 P_1 を調整し、オリフィス下流側流量を制御することを発明の基本構成とするものである。

【0017】

【作用】圧力検出器3によりオリフィス5の上流側の流体圧力 P_1 が検出され、演算制御装置6へ入力される。

【0018】演算制御装置6では $Q_c = KP_1$ の演算式を用いて流置 Q_c が演算されると共に、流置指令値 Q_s と Q_c の比較が行なわれ、両者の差 $Q_c - Q_s$ に相当する制御信号 Q_y がコントロール弁2の駆動部14へ入力される。

【0019】即ち、コントロール弁2は、前記制御信号 Q_y によって前記両者の差 $Q_c - Q_s$ が零になる方向に開閉制御され、これによってオリフィス下流側の流置 Q_c が設定流置（流置指令値） Q_s に常時保持される。

【0020】

【実施例】以下、図面に基づいて本発明の実施例を説明する。図1は本発明に係る流置制御装置のブロック構成図であり、当該流置制御装置1はコントロール弁2、圧力検出器3、温度検出器4、オリフィス5、演算制御装置6、増幅器7a・7b、A/D変換器8a・8b、オリフィス対応弁9、ガス取り出し用器具11等から形成されている。

【0021】前記コントロール弁2には、後述する如き所謂ダイレクトタッチ型のメタルダイヤフラム弁が使用されており、また、その駆動部には、圧電素子形駆動装置が使用されている。尚、コントロール弁2の駆動部と

5

サーが使用されているが、圧力検出器3としてはこの他に、金属箔歪形圧力センサーや静電容量形圧力センサー、磁気抵抗形圧力センサー等の使用も可能である。

【0023】また、前記温度検出器4には、熱電対形温度センサーが使用されているが、測温抵抗形温度センサー等の使用も可能である。

【0024】前記オリフィス5には、板状の金属薄板製ガスケットに放電加工によって孔部を設けたオリフィスが使用されているが、オリフィス5としてはこの他に、極細パイプやエッチングにより金属膜に孔を形成したオリフィスを使用することができる。

【0025】前記演算制御装置6は所謂制御回路基板から形成されており、温度補正回路6a、流置演算回路6b、比較回路6c、増幅回路6d等が具備されている。

【0026】次に、本発明に係る流置制御装置1の作動について説明する。

【0027】図1を参照して、コントロール弁2の出口側、即ちオリフィス5の上流側の気体圧力 P_1 が圧力検出器3によって検出され、増幅器7a及びA/D変換器8aを経て、デジタル化された信号が流置演算回路6bへ入力される。

【0028】同様に、オリフィス上流側の気体温度 T が温度検出器4で検出され、増幅器7b及びA/D変換器8bを経てデジタル化された信号が温度補正回路6aへ入力される。

【0029】前記演算制御回路6では、圧力信号 P_1 を用いて流置 $Q_c = KP_1$ が演算されると共に、前記温度補正回路6aからの補正信号を用いて前記流置 Q_c の温度補正が行なわれ、演算流置信号 Q_c が比較回路6cへ入力される。

【0030】一方、比較回路6cへは流置指令信号 Q_s が入力されており、ここで前記演算流置信号 Q_c との比較が行なわれると共に、両者の差信号 $Q_y = Q_c - Q_s$ が、制御信号としてコントロール弁2の駆動部14へ出力される。

【0031】即ち、演算流置信号 Q_c が流置指令信号 Q_s より大きい場合には、コントロール弁2を閉鎖する方向に、また、前記 Q_c が Q_s より小さい場合にはコントロール弁2を開放する方向に弁駆動部14が作動され、 $Q_c = Q_s$ となるようにコントロール弁2の開度が自動制御される。

【0032】尚、本発明に於いては、前記オリフィス5の上流側の気体圧力 P_1 と下流側の圧力 P_2 との間に、 P_2 / P_1 が約0.5より小さいこと、即ちオリフィス5の上流側圧力 P_1 が下流側圧力 P_2 の約2倍より大きいと云う条件が、意に成立していなければならないこと

特許3291161

(4)

7

が逆転したような場合（即ち、逆流を生じる状態になった場合）や、或いは $P_1 / P_2 > 0.5$ の状態になった場合（即ち、逆流は生じないものの高精度な流量制御ができなくなった場合）には、コントロール弁2を自動的に閉鎖するようにしてもよい。

【0034】図2及び図3は、本発明に係る装置の演算制御装置6を除いた部分の一例を示す縦断面図と横断面図であり、また、図4及び図5は圧電素子型駆動部の縦断面図と横断面図である。尚、図2乃至図4に於いて、2はコントロール弁、3は圧力検出器、5はオリフィス、9はオリフィス対応弁、11はガス取出し用歯手、12は弁本体、13はダイヤフラム、14は駆動部である。

【0035】前記コントロール弁2は、流体入口12a、弁座12b、弁室12c、圧力検出器取付孔12d、流体出口12e等を備えたステンレス鋼製の弁本体12と、ステンレス鋼やニッケル、コバルト合金製のダイヤフラム13と、ダイヤフラム13を下方へ押圧する圧電素子型駆動部14等から形成されている。

【0036】また、前記ダイヤフラム13は皿バネ15の弾性によって常時下方へ押圧されており、弁座2よりへ接当した状態となっている。

【0037】更に、圧電素子14aへの入力によりこれが伸長すると、圧電素子支持材19を介してダイヤフラム押え16が上方へ引き上げられる。その結果、ダイヤフラム13が上方へ弾性復帰し、弁座2よりから離間することにより、弁が開状態となる。

【0038】尚、本実施例では図4に示すように変位置 $1.6 \mu\text{m}$ 、 $5 \text{mm} \times 5 \text{mm} \times 1.8 \text{mm}$ のピエゾ素子ユニット14aを3個直列状に組み合せることにより、圧電素子駆動部14を形成しており、図4及び図5に於いて、16はダイヤフラム押え、17はベース体、18はポール、19は圧電素子支持材（スーパーインバー材）、20はストローク調整ねじである。

【0039】また、前記圧電素子支持材19の熱膨張率は圧電素子（ピエゾ素子）の熱膨張率にはほぼ近いスーパーインバー材により形成されている。

【0040】図6は圧力検出器3の取付け部の詳細を示すものであり、本実施例では弁本体12の下面側に設けた取付孔12d内へ半導体歪ゲージから成る圧力検出器3が、押えナット21によりメタルOリング22を介して気密状に取付けられている。

【0041】尚、図6に於いて、23はスリーブ、24はペアリングであり、また前記メタルOリング22に代えてメタルCリングやメタルガスケットを用いることができる。

8

dを穿設するようにしてもよい。

【0043】前記オリフィス5は図2に示す如く、前記圧力検出器3より下流側に設けられており、本実施例では、メタルダイヤフラム型のオリフィス対応弁9の弁本体9aに形成した流体入口9b内に配設され、取付ねじ25を締込むことによりペアリング24を介して固定されている。尚、図2及び図3に於いて、9cはオリフィス対応弁9の流体出口である。

【0044】図8は、オリフィス5の取付位置をコントロール弁2の弁本体12側に設けた例を示すものであり、取付構造そのものは、前記オリフィス対応弁9の弁本体9a側に設けるようにした図2の場合と、全く同一である。

【0045】図9はオリフィス5の更に他の取付例を示すものであり、オリフィス5そのものを交換自在に取付けしたものである。

【0046】即ち、弁本体12のオリフィス取付孔12f内にリング状の当り面を形成すると共に、オリフィス挿入孔12gを流体通路と垂直方向に形成し、プレート状のオリフィス5を挿入孔12gを通して上方より取付孔12f内へ挿入すると共に、締付押え体26を締込むことにより、ペアリング27を介してオリフィス5を固定するように形成されている。

【0047】また、流路範囲に応じてオリフィス5を取り替える場合には、前記押え体26をゆるめ、オリフィス5を差し替えたあと、再度押え体26を締込みする。

【0048】本発明では、コントロール弁2の弁本体12をロック化し、これにオリフィス取付孔12fや圧力検出器取付孔12dを夫々一体的に形成する構成としているため、所謂流路調整装置1の内部に於ける流体通路空間の容積を大幅に少なくすことができ、ガスの置換性等が向上する。

【0049】図10及び図11は本発明に係る圧力式流量制御装置の気体を窒素ガスとした場合の流量制御特性を示すものであり、図10はオリフィス5の下流側を約 10 torr の真空とした場合、また、図11はオリフィス5の下流側を大気圧とした場合を夫々示すものである。

【0050】図10及び図11からも明らかかなように、上流側圧力 P_1 が下流側圧力 P_2 の約2倍を越える範囲に於いては、流量 Q_c と P_1 とはリニアな関係に保持されている。尚、図10及び図11に於いて曲線A、B、Cは夫々オリフィス内径を 0.37 mm 、 0.20 mm 、 0.07 mm とした場合を示すものである。

【0051】表1は、本発明に係る圧力式流量制御装置と従前の差圧式流量制御装置の精度等を、圧力検出器の

特許3291161

(5)

9

10

	差圧式流量制御装置	本願発明
圧力検出器の測定範囲	1:50	1:50
圧力検出器の精度	±0.25%	±0.25%
計算流量範囲	1:7	1:50
流量測定精度	±0.9%	±0.25%
最大目盛100cc/minの場合の測定可能範囲	14~100	2~100
大きさ(差圧流量計を1とする)	1	0.5

【0053】この表からも明らかなように、本件発明は差圧式流量制御装置に比較して、流量測定精度や測定可能範囲の点で優れていると共に、装置をより小形化できることが判る。

【0054】また、表2は、従前の標準的なマスフロー コントローラと本願発明の特性等を比較したものであ *

る。この表からも明らかなように、本願発明は低流量域に於ける測定精度及び製造コスト等の点で、マスフロー コントローラに優るものであることが判る。

【0055】

【表2】

	マスフロー コントローラ	本発明
精度	誤差 ±1%	±0.25%
	最大流量の2% 流量の誤差 ±50%	±12.5%
故障	初期不良 有	なし
	弁部のつまり 有	可能
コスト	製造コスト 1	マスフロー コントローラの0.75
	ランニングコスト 高	なし

【0056】

【発明の効果】本発明では上述の通り、オリフィスの上流側圧力 P_1 をオリフィスの下流側圧力 P_2 の約2倍以上に保持することにより、前記圧力 P_1 とオリフィス下流側流量との間に一次函数関係を成立させ、これに基づいて前記上流側圧力 P_1 を調整することにより、下流側流量 Q_c を設定値に自動制御する構成としている。

【0057】その結果、従前のマスフロー コントローラに比較して、低流量域に於ける測定精度を高めることができると共に、故障も少なくすることができ、しかも、製造コストの大半を引下げを図り得る等の優れた効用が得られる。

【0058】また、本願発明では、従前の差圧式流量制御装置に比較してより高い流量測定精度が得られると共に、装置の小形化並びに製造コストの引下げを図ることができる。

【0059】更に、本発明では、オリフィス上流側の圧力 P_1 を制御することにより、オリフィス下流側流量を圧力 P_2 の一次函数の型で得る構成としているため、所謂流量のフィードバック制御が容易となり、制御装置の

【図1】本発明に係る圧力式流量制御装置の構成を示すブロック図である。

【図2】圧力式流量制御装置の縦断面図である。

【図3】圧力式流量制御装置の横断面図である。

【図4】コントロール弁の圧電素子形駆動部の横断面図である。

【図5】図4のイーイ横断面図である。

【図6】圧力式流量制御装置の圧力検出器の取付部を示す部分縦断面図である。

【図7】圧力式流量制御装置の他の実施例を示す横断面図である。

【図8】オリフィスをコントロール弁の弁本体に設けた場合の他の例を示す部分横断面図である。

【図9】オリフィスをコントロール弁の弁本体に設けた場合の更に他の例を示す部分縦断面図である。

【図10】本発明に係る圧力式流量制御装置の流量制御特性を示すものである(オリフィスの下流側圧力が真空の場合)。

【図11】本発明に係る圧力式流量制御装置の流量制御特性を示すものである(オリフィスの下流側圧力が大気

特許3291161

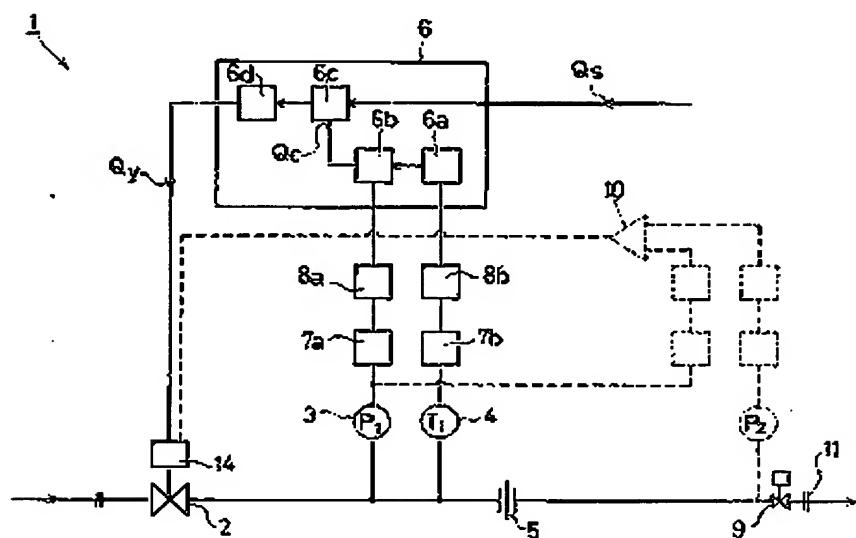
(5)

12

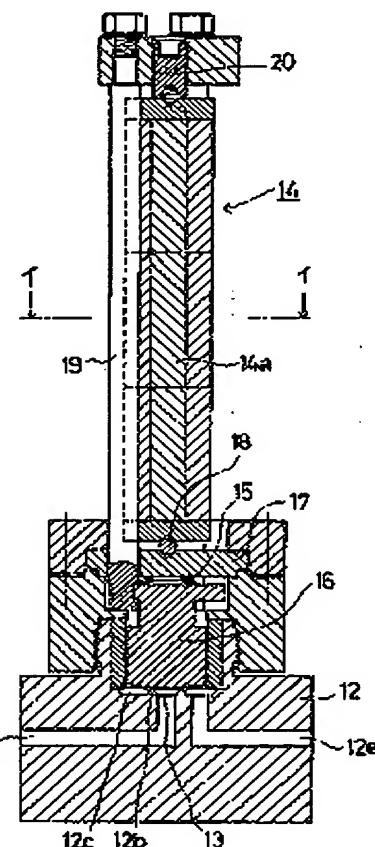
1は流量制御装置、2はコントロール弁、3は圧力検出器、4は温度検出器、5はオリフィス、6は演算制御装置、7a・7bは増幅器、8a・8bはA/D変換器、9aは弁本体、9bは流体入口、9cは流体出口、10は反転増幅器、11はガス取出出し用緑手、12は弁本体、12aは流体入口、12bは弁座、12cは弁室、12dは圧力検出器取付孔、1*

* 2eは流体出口、12fはオリフィス取付孔、12gはオリフィス挿入孔、13はダイヤフラム、14は駆動部、14aは圧電素子、15は皿バネ、16はダイヤフラム抑え、17はベース本体、18はボール、19は圧電素子支持材、20はストローク調整ねじ、21は押えナット、22はOリング、23はスリーブ、24・27はペアリング、25は取付ねじ、26は締付押え体。

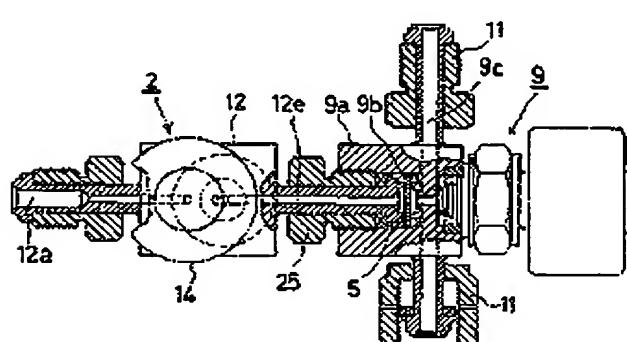
【図1】



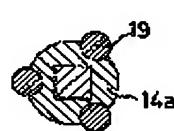
【図4】



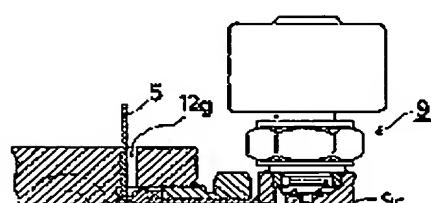
【図3】



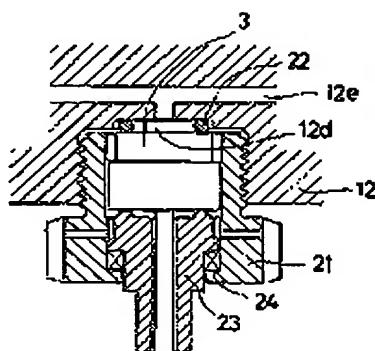
【図5】



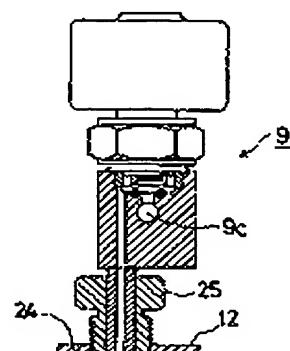
【図9】



【図6】



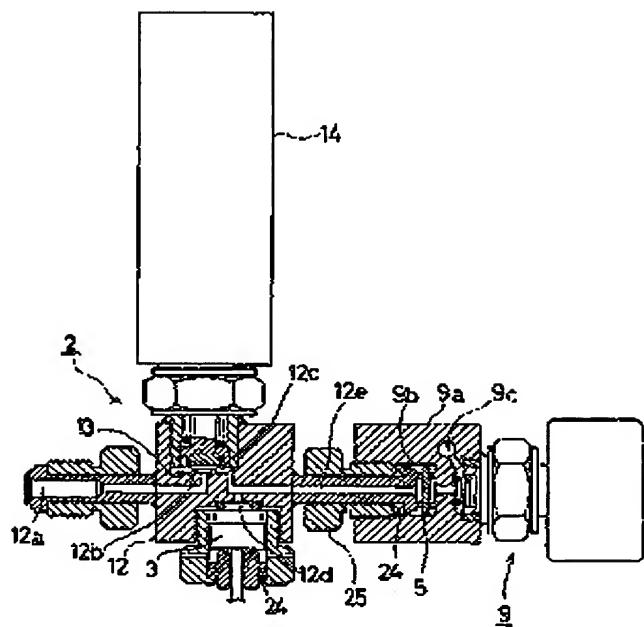
【図8】



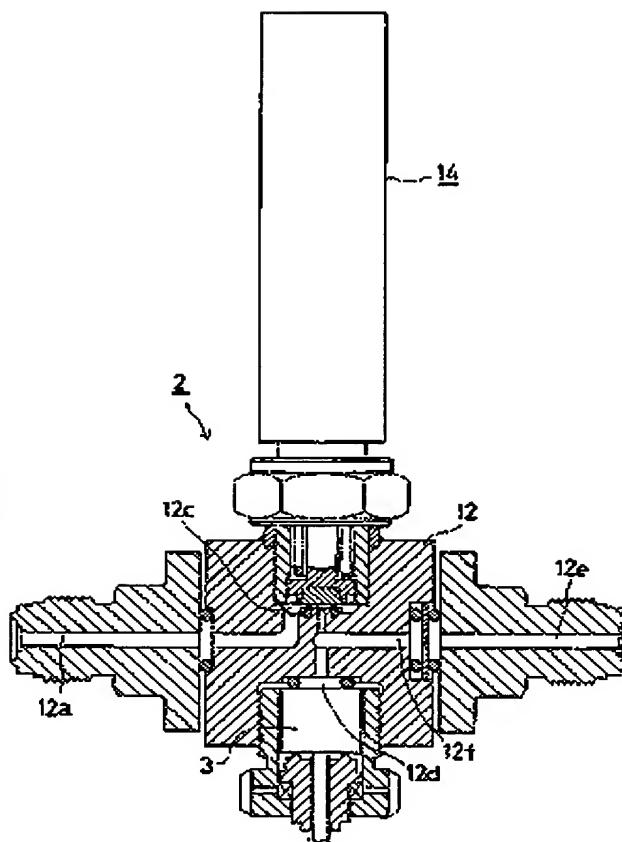
(3)

特許3291161

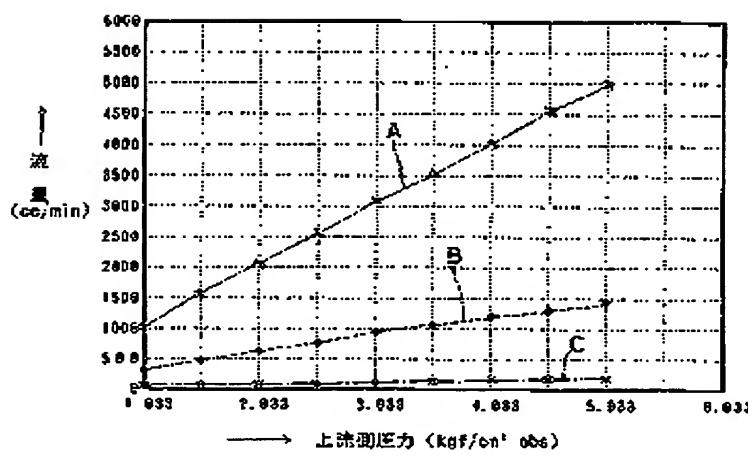
[図2]



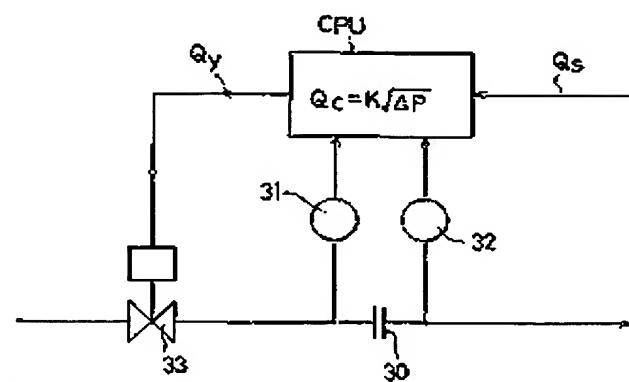
[图7]



[10]



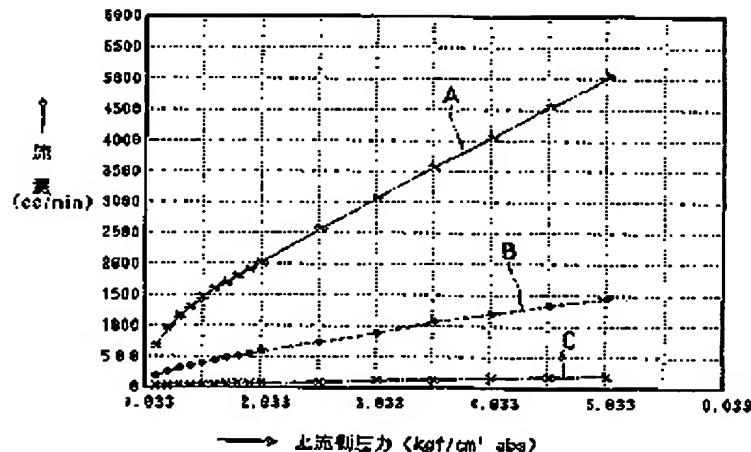
[图12]



(8)

特許3291161

【図11】



フロントページの続き

(72)発明者	皆見 幸男 大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号 株式会社フジキン内	(56)参考文献	特開 平8-335117 (J P, A) 特開 平2-52035 (J P, A)
(72)発明者	川田 幸司 大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号 株式会社フジキン内	特開 昭59-98217 (J P, A) 特開 昭62-192810 (J P, A)	
(72)発明者	土肥 亮介 大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号 株式会社フジキン内	実開 昭59-131663 (J P, U) 実開 昭62-108670 (J P, U)	
(72)発明者	福田 治幸 大阪府大阪市西区立売堀2丁目3番2号 株式会社フジキン内	実開 昭61-176609 (J P, U) 実開 昭63-130806 (J P, U)	
(72)発明者		米国特許5148829 (U.S. A) 米国特許5365795 (U.S. A) 米国特許5146941 (U.S. A)	

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05D 7/00 - 7/06
 G05D 16/00
 F16K 31/00 - 31/04
 F16K 17/20 - 17/34
 F16K 37/00

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.